Archive of SID

مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی
سال یازدهم ـ شماره سوم ـ پاییز ۱۳۸۳
www.magiran.com/jasnr

برآورد رواناب حاصل از ذوب برف درحوضه‌های برف‌گیر با استفاده از مدل SRM (مطالعه موردی حوضه سد مهاباد)

محمدرضا نجفی[1]، جواد شیخی‌وند[2] و جهانگیر پرهمت[3]

[1]گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران، [2]کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، [3]مرکز تحقیقات و آبخیزداری جهاد کشاورزی

تاریخ دریافت: ۸۱/٤/۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۳/۲/۱۳

چکیده

در این تحقیق برای مطالعه جریان حاصل از ذوب برف در حوضه مهاباد از مدل SRM که بر اساس روش درجه – روز می‌باشد استفاده شده است. برای حصول دقت بیشتر در محاسبات حوضه مهاباد به چهار طبقه ارتفاعی تقسیم شده است. جریان ورودی به سد در دو ایستگاه هیدرومتری قبل از سد اندازه‌گیری می‌شود. یک ایستگاه دماسنجی در داخل شهر مهاباد و هفت ایستگاه باران سنجی و هفت ایستگاه برف سنجی در داخل حوضه وجود دارند. دما از طریق برون‌یابی و بارش از طریق درون‌یابی و برون‌یابی به متوسط ارتفاع طبقات مختلف حوضه منتقل گردیده‌اند. برای محاسبه جریان ناشی از ذوب برف و بارش باران، چهارده پارامتر ورودی به مدل برای هر طبقه ارتفاعی محاسبه و تعیین شده است. مساحت و ارتفاع هیپسومتریک حوضه و نواحی ارتفاعی به عنوان خصوصیات حوضه، دما، بارش، سطح پوشش برف و جریان اندازه‌گیری شده به عنوان متغیرهای ورودی و ضریب جریان برف و باران، فاکتور ذوب، گرادیان دما، دمای بحرانی، سطح مشارکت کننده در بارش، ضریب فروکش و زمان تأخیر به عنوان پارامترهای ورودی به مدل می‌باشند. بعد از اعمال ورودی‌ها به مدل، شبیه‌سازی انجام گرفته و هیدروگراف، شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده، رسم گردیده است. این دو هیدروگراف از طریق میزان تطابق، رگرسیون و اختلاف حجم‌ها مقایسه و بررسی شده‌اند. ضریب رگرسیون و اختلاف حجم‌ها به‌ترتیب برابر ۰/۸۵ و ۳/۷۹- درصد می‌باشد و دقت شبیه‌سازی درحد قابل قبول است.

واژه‌های کلیدی: برف، بارش، رواناب، دما، فاکتور درجه- روز، SRM

مقدمه

برف در مناطق کوهستانی و با عرض جغرافیائی بالا اهمیت ویژه‌ای دارد. مناطق کوهستانی در غرب کشور بهترین مثال است بطوری که در بعضی مناطق حتی تا ۹۰ درصد جریان رودخانه‌ها حاصل از ذوب برف می‌باشد (موحد دانش، ۱۳۷٦) طبق بررسی‌های به عمل آمده حدود ٦۰ درصد آب‌های سطحی و ۵۷ درصد آبهای زیرزمینی کشور در مناطق برفگیر جریان دارند (تماب، ۱۳۷۵). بنابراین، آگاهی از میزان ذخائر برفی در حوضه‌های آبریز جهت استفاده از آب معادل برف، در امر ذخیره سازی، کنترل سیلاب‌های فصلی، پیش‌بینی روند جریان رودخانه و تأمین آب مورد نیاز پائین دست لازم است.

www.SID.ir

Archive of SID

تحلیل دقیق مسائل برف به مجموعه‌ای از مشاهدات و آمار در زمینه برف سنجی نیاز دارد، که در شرایط کنونی در غالب مناطق کشور اندازه‌گیری منظم و جامع از آن صورت نمی‌گیرد و تنها در بعضی ازحوضه‌های برف‌گیر که سدهای مهم را تغذیه می‌کنند، اندازه‌گیری برف انجام می‌شود. مسائل مربوط به برف و رواناب برف بسیار پیچیده‌تر از باران است و پیش‌بینی رواناب حاصل از ذوب برف با احتمال کمتری نسبت به باران صورت می‌گیرد. در مقابل باران، ریزش برف اثر تأخیری در جریان و هیدرولوژی رودخانه‌ها دارد. تجمع برف در ماه‌های زمستان یک سال در ماه‌های بهارسال بعدی پراهمیت تلقی می‌شود و آب حاصل از ذوب برف برای تأسیسات آبی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بطوری که سیلاب‌های قابل توجهی را در زمانی که ذوب برف با بارندگی گرم بهاره همراه باشد به وجود می‌آورد. بنابراین پیش‌بینی ذوب برف لازم و ضروری به نظر می‌رسد و بدون در نظر گرفتن این عامل مدیریت منابع و مخازن و برنامه‌ریزی منابع آبی و هیدرولوژی رودخانه میسر نخواهد بود (موحد دانش ۱۳۷۶، مک‌کوئن[1]، ۱۹۹۸).

ذوب برف در رواناب سطحی و در میزان نفوذ به صورت ضمنی منظور می‌شود و از جمله پارامترهایی است که اندازه‌گیری مستقیم آن در یک سطح وسیع امکان‌پذیر نیست زیرا نقاط مرتفع که بیشتر در معرض بارش برف هستند از امکانات دسترسی کمتری برخوردارند. از این رو باید با فرمول‌بندی عوامل مؤثر بر ذوب و انرژی محیط که صرف ذوب می‌شود میزان ذوب را محاسبه نمود. به این منظور، فرمول‌های متعددی برای محاسبه ذوب نقطه‌ای و ذوب حوضه‌ای ارائه گردیده است (پرهمت، ۱۳۷۲ و فتاحی، ۱۳۷۶) که هر کدام تحت شرایط خاص منطقه‌ای فرمول‌بندی و واسنجی می‌گردند.

مدل SRM به‌منظور مدیریت منابع آب، ابیاری و ذخیره آب، توسط محققان سوئیسی ارائه گردیده است (مارتینک[2]، ۱۹۷۵). و نسخه‌های بعدی آن (مارتینک و رنگو[3]، ۱۹۹۸) تهیه شده است. این مدل روی حوضه‌هایی به وسعت ۱۲۲۰۰۰ کیلومترمربع آزمایش شده و نتایج رضایت بخشی داشته است (مارتینک و رنگو، ۱۹۹۸). آخرین نسخه این مدل SRM ٤/٠٦ در سال ۲۰۰۰ تدوین گردیده است. اساس این مدل روش درجه- روز می‌باشد. این مدل در بسیاری از کشورها از جمله آلمان، اسپانیا، سوئد، امریکا، هند، ژاپن،.. مورد استفاده قرار گرفته است. مدل SRM توسط سازمان جهانی هواشناسی برای شبیه‌سازی مورد آزمایش قرار گرفته است که در مقایسه با سایر مدل‌ها با داشتن حداقل خطا دقیق‌ترین مدل برای شبیه‌سازی ذوب برف تشخیص داده شده است (مارتینک و رنگو، ۱۹۹۸). در نتیجه، با توجه به قابلیت‌های مدل SRM این تحقیق با تأکید بیشتر روی اهداف: الف- شبیه‌سازی جریان روزانه در یک فصل ذوب، در یک سال و مقایسه نتایج رواناب پیش‌بینی شده با اندازه‌گیری شده به منظور ارزیابی نتایج اجرای مدل و تأیید صحت پارامترهای تعیین شده، و ب- پیش‌بینی رواناب ذوب برف به صورت چند روزه و فصلی، صورت گرفته است. از این رو به طور کلی هدف از مطالعه حاضر استفاده از مدل SRM برای مطالعه روند تغییرات ذوب برف، محاسبه هیدروگراف جریان و واسنجی ضرایب حوضه مهاباد بوده است.

مواد و روشها

برای مطالعه جریان حاصل از ذوب برف در حوضه سد مهاباد از مدل SRM استفاده شد که در زیر به اختصار به اجزاء مدل اشاره گردیده است.

ساختار مدل: مدل SRM بر اساس روش درجه-روز استوار بوده و رواناب ناشی از ذوب برف و باران را بطور روزانه محاسبه و با در نظر گرفتن فروکش‌جریان، دبی

1- Mc Cuen

2 - Martinec

3 - Martinec & Rango

www.SID.ir

Archive of SID

خروجی حوضه را محاسبه می‌کند. ساختار اصلی مدل بصورت رابطه ریاضی زیر است:

(٦)

$$Q_{n+1} = [Cs_n.a_n(T_n + \Delta T_n)S_n + C_{Rn}P_n]\frac{A.10000}{86400}(1 - K_{n+1}) + Q_nK_{n+1}$$

Q : متوسط دبی روزانه به m^3/sec ،Cs : ضریب رواناب برف، C_R: ضریب رواناب باران، a : شاخص درجه روز که عمق ذوب ناشی از یک درجه- روز را نشان می‌دهد $[cm.\ ^0C^{-1}d^{-1}]$ ،T : تعداد درجه–روز به درجه سانتیگراد در روز $[^oCd]$ (متوسط یا حداکثر دمای روزانه)، ΔT: تعدیل دما با استفاده از گرادیان دما از ایستگاه حرارت سنجی به متوسط ارتفاع، هیپسومتریک حوضه یا ناحیه انتخابی $[^oC.d]$ ، S : نسبت پوشش برف به کل حوضه، P : بارشی که در رواناب شرکت میکند $[cm]$ ، A : مساحت حوضه یا ناحیه انتخابی برحسب کیلو مترمربع $[km^2]$ ، K : ضریب فروکش که نشان دهنده کاهش دبی دریک دوره زمانی بدون تأثیر ذوب برف و یا بارش باران و n : توالی روزها در طی دوره محاسبه دبی می‌باشد.

اطلاعات ورودی مدل

حوضه و ناحیه‌های ارتفاعی: تعیین محدوده حوضه‌ها، محاسبه منحنی ارتفاع– سطح (هیپسومتریک) از روی نقشه‌های با مقیاس $\frac{1}{250000}$ مناسب و کافی است. گام بعدی محاسبه پارامترهای مؤثر وانتقال آن به ذوب برف برای هر ناحیه و انتقال آن به متوسط ارتفاع هیپسومتریک آن ناحیه می‌باشد (مک‌کوئن، ۱۹۹۸).

متغیرها: متغیرهای ورودی به مدل شامل دما، بارش و سطح پوشش برف به تفصیل به قرار زیر می‌باشند.

دما T : دما به وسیله گرادیان دما به متوسط ارتفاع هیپسومتریک منتقل می‌گردد. برای کاهش خطا بهتر است از بهترین ایستگاه دماسنجی منطقه برای انتقال دمای نزدیک‌ترین ایستگاه به مرکز ثقل حوضه استفاده شود (McCuen 1998).

بارش P: تعمیم بارش نقطه‌ای برای سطح حوضه‌های کوهستانی مشکل و پیچیده است. بارش‌هایی که در ارتفاعات و در دمای کمتراز دمای بحرانی اتفاق می‌افتند بصورت برف بوده و تأثیر تاخیری در جریان دارند و اگر دما بیشتر از دمای بحرانی باشد دبی‌های اوج به وقوع می‌پیوندند.

سطح پوشش برف S: نسبت سطح پوشیده از برف به کل سطح را نسبت پوشش برف می‌نامند. سطح پوشش برف درفصل ذوب به تدریج کاهش می‌یابد. منحنی‌های پوشش برف را می‌توان از نقشه‌های پوشش برف درون‌یابی‌کرد. مقادیر روزانه پوشش برف از متغیرهای مهم ورودی به مدل SRM است.

پارامترهای ورودی به مدل: پارامترهای ورودی به مدل شامل ضریب رواناب برف، ضریب رواناب باران، فاکتور درجه ـ روز، گرادیان دما، دمای بحرانی، سطح مؤثر در باران، ضریب فروکش و زمان تأخیر می‌باشند. هر یک از پارامترها می‌توانند با اندازه‌گیری یا براساس نظرات کارشناسی متخصصان و با استفاده از خصوصیات حوضه، روابط فیزیکی، تجربی و روابط همبستگی برآورد گردد. باید توجه داشت که مقدار تخمینی هر یک از پارامترها در داخل محدوده قابل قبول فیزیکی و هیدرولوژیکی باشد (مک‌کوئن، ۱۹۹۸).

ضریب رواناب C: این ضریب به صورت اختلاف بین آب در دسترس (ذوب برف + بارش باران) و جریان خروجی از حوضه در یک دوره معین بیان می‌شود. ضریب رواناب برف و باران متفاوت می‌باشند و در برنامه کامپیوتری مقدار ضریب رواناب برف (Cs) و ضریب رواناب باران (Cr) از یکدیگر تفکیک شده‌اند و تغییرات این ضرائب به صورت ۱۵ روزه (اگر نیاز باشد روزانه) توصیه شده است. اگر شبیه‌سازی در یک بار اجرا کامل نشود ضریب رواناب به عنوان یک انتخاب اولیه برای تنظیم مدل منظور می‌شود (مارتینک و رنگو، ۱۹۹۸).

www.SID.ir

Archive of SID

فاکتور ذوب a : فاکتور ذوب به صورت مقدار عمق ذوب شده به تعداد درجه - روز بوده و به شکل زیر تعریف می‌گردد.

$$M = a.T \qquad (۷)$$

M : ذوب روزانه $[cm]$ و a: شاخص درجه - روز $[cm.C^{-1}.d^{-1}]$ و T : تعداد درجه- روز $[°C.d]$. اندازه‌گیری این پارامترها نشان می‌دهد که مقدار این پارامترها از روزی به روز دیگر تغییرات قابل ملاحظه‌ای دارند. اگر میانگین چندین روز در نظر گرفته شود عدد بدست آمده منطقی‌تر و درست‌ترخواهد بود. در صورت نبودن داده، فاکتور ذوب می‌تواند با استفاده از رابطه تجربی زیر بدست آید:

$$a = 1.1\frac{\rho_s}{\rho_w}$$

ρ_s : چگالی برف و ρ_w: چگالی آب. فاکتور ذوب در انتهای فصل ذوب به $0/6 C^{-1}d^{-1}\,cm$ بالغ می‌گردد.

گرادیان دما : اگر چند ایستگاه حرارت سنجی در ارتفاعات مختلف قرار گرفته باشد گرادیان دما می‌تواند از روی داده‌های ثبت شده پیشین بدست آید. اگر در ارتفاعات ایستگاه دما سنجی نباشد با مقایسه سایر حوضه‌ها و یا با ملاحظه شرایط هواشناسی گرادیان دما بدست می‌آید. معمولاً گرادیان $0/65^0C$ در هر ۱۰۰ متر در صورت نبودن آمار توصیه می‌گردد.

دمای بحرانی : دمای بحرانی، T_{CRIT} برای تعیین باران یا برف بودن بارش اندازه‌گیری شده یا پیش‌بینی شده به کار می‌رود. در مدل SRM، اگر $T>T_{CRIT}$ باشد بارش به صورت باران است وتأثیر فوری در رواناب دارد. در صورتی که $T<T_{CRIT}$ باشد بارش بصورت برف بوده و روی هم انباشته می‌شود.

سطح شرکت‌کننده در بارش R.C.A[1]: زمانی‌که بارش به‌صورت باران باشد دو نوع رفتار قابل بررسی است: در نوع اول باران بر روی برف پشته می‌بارد و در برف پشته نگهداری می‌شود (برف خشک و عمیق باشد) وعمق باران با نسبت سطح بدون پوشش برف به کل سطح کاهش می‌یابد. در نوع دوم سطح پوشش برفی رسیده و پر آب است. در این حالت تمامی آب باران بدون دست خوردگی به رواناب حاصل از ذوب برف اضافه می‌گردد.

ضریب فروکش k : با توجه به معادله (٦) ضریب فروکش یک پارامتر بسیار مهم در مدل SRM است زیرا $(1- k)$ قسمتی از ذوب روزانه می‌باشد که بلافاصله به رواناب اضافه می‌گردد و به وسیله رابطه زیر بیان می‌شود.

$$k_{n+1} = x\,.\,Q_n^{-y} \qquad (۹)$$

که x ، y باحل معادلات زیر برای حوضه قابل تعیین است:

$$k_1 = x.Q_1^{-y} \quad k_2 = x.Q_2^{-y} \qquad (۱۰)$$

$$Log\,k_1 = Log x - y Log Q_1$$

$$Log\,k_2 = Log x - y Log\,Q_2 \qquad (۱۱)$$

با حل روابط (۱۰) و (۱۱) در یک دستگاه معادلات مقدار x و y محاسبه می‌شوند. مقدارهای x ،y باید با شرایط زیر را تطبیق نماید:

$$Q_{min} > x^y \qquad (۱۲)$$

Q_{min} حداقل دبی در حوضه مورد نظر است (٦).

تعدیل ضریب فروکش برای بارش‌های سنگین: در معادله (۹) ضریب فروکش نشان‌دهنده رفتار حوضه در شرایط عادی ذوب برف است. در بارش‌های سنگین ضریب فروکش به شرح زیر تغییر می‌کند:

$$F(P_{rain}) > 6cm \rightarrow k_{n+1} = x(4Qn)^{-y} \qquad (۱۳)$$

در این روش مقدار k کمتر شده، بنابراین عکس العمل حوضه نسبت به ورودی‌ها سریع خواهد بود. ***زمان تاخیر L:*** خصوصیت نوسانات روزانه رواناب از طریق زمان تأخیر و به طور مستقیم از هیدروگراف جریان سال‌های گذشته می‌تواند تعیین گردد. در زیر به ازاء زمان تأخیرهای مختلف نسبت دبی ورودی وخروجی نشان داده شده است.

1 - Rainfall Contributing Area

www.SID.ir

Archive of SID

$$L=18hr \quad 0.5I_n+0.5I_{n+1} \longrightarrow Q_{n+1} \qquad (14)$$

$$L=24hr \quad 0.5I_n+0.5I_{n+1} \longrightarrow Q_{n+2} \qquad (15)$$

ارزیابی دقت مدل

معیارهای دقت: مدلSRM از یک معیار کیفی مشاهده تطابق هیدروگراف‌ها و ازدو معیار دقت کمّی شامل ضریب تبیین R تفاضل حجم D_v استفاده می‌کند. این ضرائب از طریق معادلات زیر محاسبه می‌گردند:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(Qi - Q'i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(Qi - \bar{Q})^2} \qquad (16)$$

Q_i : دبی اندازه‌گیری شده روزانه، $Q'i$: دبی محاسبه شده روزانه، $\bar{Q}$: متوسط دبی اندازه‌گیری شده در سال مورد نظر یا فصل ذوب و n : تعداد روزهای دارای اندازه‌گیری است و انحراف حجم از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$Dv[\%] = \frac{V_R - V'_R}{V_R}.100 \qquad (17)$$

V_R: حجم سالانه یا فصلی رواناب اندازه‌گیری شده و V_R' : حجم سالانه یا فصلی رواناب محاسبه شده است.

کاربرد مدل: برای شبیه‌سازی جریان مقادیر ورودی‌های مدل SRM شامل ۱۴ پارامتر مساحت، ارتفاع هیپسومتریک، متغیرهای ضریب فروکش، دبی اندازه‌گیری شده، دمای متوسط، بارش، سطح پوشش برف، دمای بحرانی، زمان تأخیر، گرادیان دما، فاکتور ذوب برف، ضریب رواناب برف، ضریب رواناب باران و سطح شرکت کننده در بارش تعریف شدند و ضرائب مدل تعیین گردید. در این تحقیق شبیه‌سازی برای فصل ذوب سال آبی (۷۶-۱۳۷۵) انجام گردیده که در زیر پارامترهای ورودی به مدل به تفصیل مورد بررسی قرار می‌گیرد.

حوضه و ناحیه‌های حوضه: حوضه مهاباد به مساحت ۸۴۱ کیلومترمربع و طول رود خانه اصلی ۶۱ کیلومتر در جنوب آذربایجان غربی قرار دارد و ازحوضه‌های آبریز دریاچه ارومیه می‌باشد. این حوضه بین '۲۶ °۳۶ تا '۴۶ °۳۶ عرض شمالی و '۲۵ °۴۵ تا '۴۶ °۴۵ طول شرقی واقع شده است. در این منطقه یک ایستگاه تبخیر سنجی و یک ایستگاه سینوپتیک در داخل شهر مهاباد واقع است و هفت ایستگاه باران سنجی و هفت ایستگاه برف سنجی در داخل حوضه قرار دارند. این حوضه یک حوضه کشیده با شیب تند و با اختلاف ارتفاع ۱۴۶۳ متر می باشد (پرهمت ۱۳۷۲). با توجه به مساحت و شیب تند ارتفاعی برای دقت بیشتر، حوضه به ۴ طبقه ارتفاعی تقسیم شده است و پارامترهایی نظیر بارش و دما برای متوسط ارتفاع این طبقات محاسبه شده است. حوضه و طبقات ارتفاعی در شکل۱ رسم شده است و اطلاعات مربوطه در جدول ۱ ارائه گردیده است.

جدول ۱- مقادیر مساحت و متوسط ارتفاع هر یک از طبقات ارتفاعی.

طبقه ارتفاعی	مساحت (km^2)	محدوده ارتفاعی	متوسط ارتفاع (m)
A*	۸۴۱/۴	۲۸۰۳>H>۱۴۳۰	۱۷۸۰
A_1	۹۶/۹۵	۱۵۰۰>H	۱۴۳۰
A_2	۲۱۲/۷۵	۱۷۰۰>H>۱۵۰۰	۱۶۱۰
A_3	۴۰۵/۷	۲۰۰۰>H>۱۷۰۰	۱۸۵۰
A_4	۱۲۶/۰	۲۰۰۰>H	۲۰۸۰

$A^* = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$

www.SID.ir

Archive of SID

متغیرهای حوضه: متغیرهای حوضه شامل داده‌هایی است که به طور روزانه تغییر می‌کنند و شامل موارد زیر می‌باشند.

دبی اندازه‌گیری شده: حوضه مهاباد دارای دو ایستگاه هیدرومتری کوتر و بیطاس بر روی دو شاخه مجزا است. دبی ورودی به سد مهاباد از مجموع جریان این شاخه‌ها به اضافه تأثیر دبی سطح خارج از محدوده این دو ایستگاه با انتقال دبی به روش نسبت مساحت بدست آمده است.

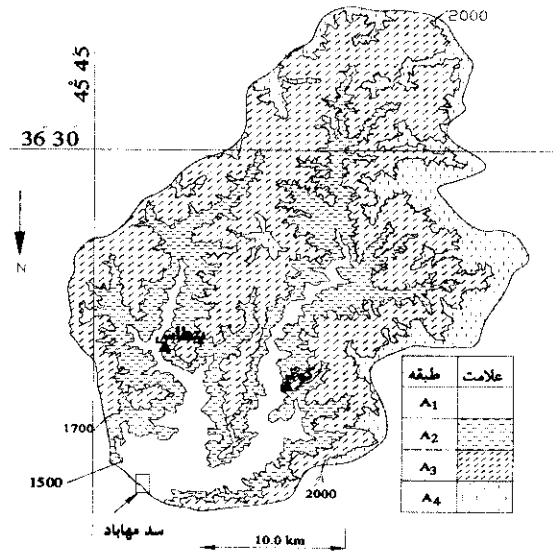
دما: در داخل حوضه مهاباد ایستگاه دما سنجی وجود ندارد، بنابراین از دو ایستگاه تبخیر سنجی شهر مهاباد استفاده شده است. برای انتقال دما به متوسط ارتفاع ناحیه‌های ارتفاعی یا ایستگاه‌های برف سنجی و باران سنجی از گرادیان دمای ماهانه استفاده شده است. نظر به اینکه دمای بحرانی برای مناطق مختلف در ایران محاسبه نشده و در این بحث نیز فصل ذوب برف مورد شبیه سازی قرارگرفته، یک مقدار متوسط ۱/۵+ برای حوضه مهاباد در نظر گرفته شده است.

بارش: با توجه به اینکه بارش برف تأثیر تاخیری در تولید رواناب دارد تعیین نوع و مقدار بارش برای متوسط ارتفاع هیپسومتریک حوضه ضروری می‌باشد و شبیه‌سازی دقیق دبی‌های اوج با تعیین دقیق مقدار بارش و نوع آن مشخص می‌گردد. با توجه به اینکه ایستگاه‌های باران سنجی در داخل حوضه و در ارتفاعات پائین پراکنده‌اند برای محاسبه بارش در متوسط ارتفاع هیپسومتریک هرطبقه از طریق گرادیان بارش ایستگاه‌های موجود استفاده شد. برای شناسائی ایستگاه‌های هم گروه از آنالیز خوشه ای استفاده شده است که نتایج آن در شکل ۲ ارا ئه شده است. با توجه به این آنالیز ایستگاه‌های کوتر، مهاباد، بیطاس و گرد یعقوب در یک گروه و ایستگاه‌های آفان، گیاهان و کاگش در گروه دیگرقرار می‌گیرند. آنالیز همبستگی بین طول جغرافیائی، عرض جغرافیائی، ارتفاع و بارش ایستگاه‌ها انجام گرفته، که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲ـ ضرائب همبستگی بارش با طول و عرض جغرافیائی و ارتفاع.

پارامتر	ارتفاع	طول جغرافیاعی	عرض جغرافیاعی	بارش
ضریب همبستگی	۰/۶۹ *	۰/۳۹	۰/۲۵	۱

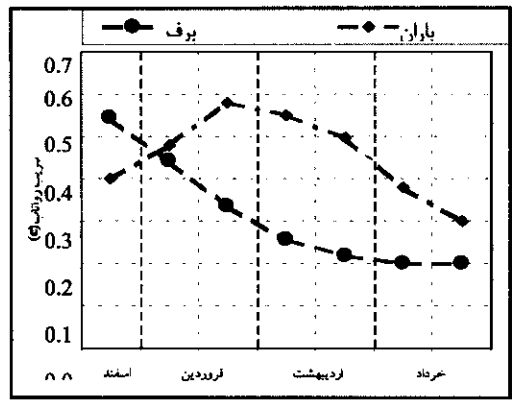
* همبستگی در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار است.



شکل ۱- نقشه حوضه مهاباد و ناحیه‌های ارتفاعی مشخص شده.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- آنالیز خوشه‌ای برای گروه‌بندی ایستگاه‌های باران‌سنجی.

با توجه به مطالب بالا برای انتقال بارش به نقاط ارتفاعی پائین از گرادیان ارتفاعی بارش ایستگاه‌های گروه اول مهاباد، کوتر، بیطاس و گرد یعقوب و برای انتقال بارش به ارتفاعات بالا از گرادیان بارش ایستگاه‌های گروه دوم آفان، گیاهان و کاگش استفاده شده و بارش انتقال یافته، به مدل وارد گردیده است.

فاکتور ذوب برف: در حوضه اندازه‌گیری فاکتور ذوب برف انجام نمی‌گیرد از این رو می‌توان از رابطه (۸) آن‌را محاسبه نمود. با توجه به اینکه فاکتور ذوب برف نسبت به زمان و مکان تغییر می‌کند و داده‌های اندازه‌گیری چگالی فقط در سه تاریخ در دسترس قرار داشتند، با انتقال دمای ایستگاه مهاباد به محل ایستگاه‌های برف سنجی و محاسبه میانگین دمای ماگزیمم، مجموع دمای ماگزیمم، دمای متوسط، مجموع دمای میانگین در حد فاصل برف سنجی‌ها، عمق برف و آب معادل برف، ارتفاع و فاکتور درجه روز مورد تجزیه و تحلیل همبستگی قرارگرفتند که نتایج آن در جدول ۳ آورده شده است. با توجه به جدول ۳ بیشترین ضریب همبستگی مربوط به مجموع دماهای متوسط است که در سطح ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد. بنابراین مقادیر فاکتور ذوب برف با توجه به دمای تجمعی انتقال داده شده به متوسط ارتفاع ناحیه‌های ارتفاعی محاسبه شد، و وارد مدل گردیده است.

جدول۳- مقادیر ضرایب همبستگی بین فاکتور ذوب برف و پارامترهای مؤثر بر آن.

پارامتر	مجموع دمای ماکزیمم	دمای ماکزیمم	مجموع دمای میانگین	ارتفاع برف فاکتورذوب	ارتفاع	ارتفاع آب	دمای میانگین
ضریب همبستگی	۰/٤٨	۰/۵۲	**۰/۸۰۳	۰/۳۷	۱	۰/۰۳	*۰/٦٦	*۰/۷۹

** همبستگی در سطوح ۱ درصد معنی‌دار است. * همبستگی در سطح ۵ درصد معنی‌دار است.

پوشش برفی: برای تعیین سطح پوشش برف، ابتدا خط برف از روی داده‌های موجود در سه اندازه‌گیری محاسبه شد. برای محاسبه خط برف، دمای متوسط، بارش و فاکتور درجه روز به طور روزانه در محل ایستگاه‌های برف‌سنجی محاسبه گردیدند و مقدار آب معادل برف موجود در محل ایستگاه با استفاده از معادلات ذوب برف محاسبه شده است. با توجه به اینکه ایستگاه‌های برف سنجی در ارتفاعات مختلف و جهت‌های مختلف می‌باشد خط برازش، زمان صفر شدن آب معادل برف، در این ایستگاه‌ها روند فروکش برف را نشان خواهد داد که برای ارتفاعات بین این ایستگاه‌ها از درون‌یابی و برای ارتفاعات بیرون این ایستگاه‌ها از برون‌یابی برای محاسبه خط برف استفاده گردیده است. بنابراین خط برف و درصد پوشش برف محاسبه شده و به مدل وارد شده است.

www.SID.ir

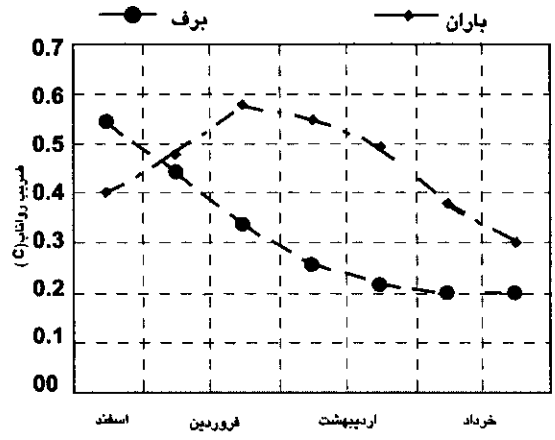
Archive of SID

ضرائب حوضه: ضرایب حوضه شامل پارامترهایی می‌باشد که می‌توانند به صورت روزانه، چند روزه یا ماهانه تغییر یابند که در زیر به بررسی هر یک از این ضرایب می‌پردازیم.

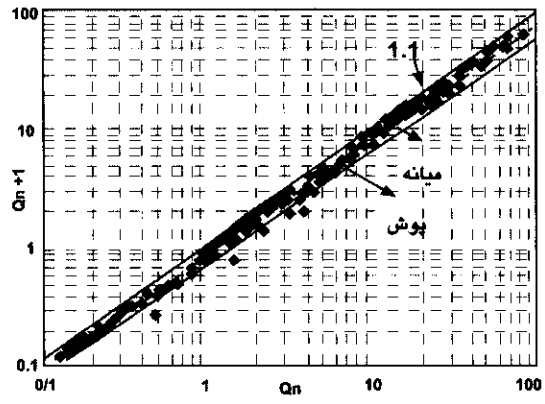
زمان تأخیر: زمان تأخیر با فروکش خط برف بیشتر می‌شود. برای دست‌یابی به زمان تأخیر حوضه از روش سعی و خطا استفاده شد که ٦ ساعت بهترین مقدار بوده است. این عدد با توجه به خصوصیات حوضه یک عدد منطقی می‌باشد.

ضریب رواناب برف و باران: مقدارضریب رواناب برف و باران با هم تفاوت دارند و تنها ضریبی است که باید در مدل توسط کاربر در محدوده توصیه شده بهینه گردد. برای به‌دست آوردن مقادیر اولیه برای ضریب رواناب هیدروگراف جریان را در زمان‌های بارش تفکیک کرده و با تأثیر باران در سطحی که در رواناب باران شرکت می‌کند و مقدار روانابی که از ذوب برف حاصل می‌گردد ضریب رواناب کلی و ضریب رواناب باران برای هر بارش محاسبه شد. با وارد کردن ضریب رواناب باران در محدوده به‌دست آمده به مدل، ضریب رواناب برف برای دوره‌های ۱۰ تا ۳۰ روزه از طریق بهینه کردن این ضریب برای رسیدن به حداکثر تطابق دو هیدروگراف محاسبه و مشاهده شده به‌دست آمده است. متوسط مقدار ضریب رواناب برای حوضه مهاباد حدود ۰/٤ محاسبه گردید که با توجه به شیب و شرایط زمین شناسی و خاکشناسی حوضه و مقادیر تجربی توصیه شده یک عدد منطقی به نظر می‌رسد. منحنی تغییرات متوسط ضریب رواناب برف و باران ورودی به مدل در شکل ۳ رسم گردیده است.

ضریب فروکش جریان: برای محاسبه ضریب فروکش، دبی‌های قسمت فروکش هیدروگراف‌های چندین سال به صورت روزهای متوالی در مقابل هم رسم گردید که ضریب زاویه خط برازش‌شده بر این مقادیر، ضریب فروکش ثابت حوضه می‌باشد. با توجه به اینکه مقدارضریب فروکش ثابت نمی‌باشد و با تغییر دبی تغییر می‌کند، برای پیدا کردن متغیرهای ضریب فروکش در معادله (۹) دبی‌های فروکش Q_{n+1} در مقابل Q_n در قسمت‌هایی که هیدروگراف جریان چندین ساله در حال کاهش می‌باشد در محور لگاریتمی رسم شده است (شکل ٤). سپس خط پوش، خط با شیب ۱: ۱ و خط میانه رسم شده و با حل معادله (۹) مقدار x و y محاسبه شدند. برای خط پوش y =۰/۰۳۱ ، x=۰/۷ و برای خط میانه x=۰/۹, y = ۰/۰۳ بدست آمده است که خط میانه شبیه‌سازی بهتری را برای حوضه نشان می‌دهد.



شکل۳- نمودار تغییرات ضریب رواناب برف و باران



شکل٤ - نمودار تغییرات ضریب فروکش در دبی‌های مختلف

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری و بحث

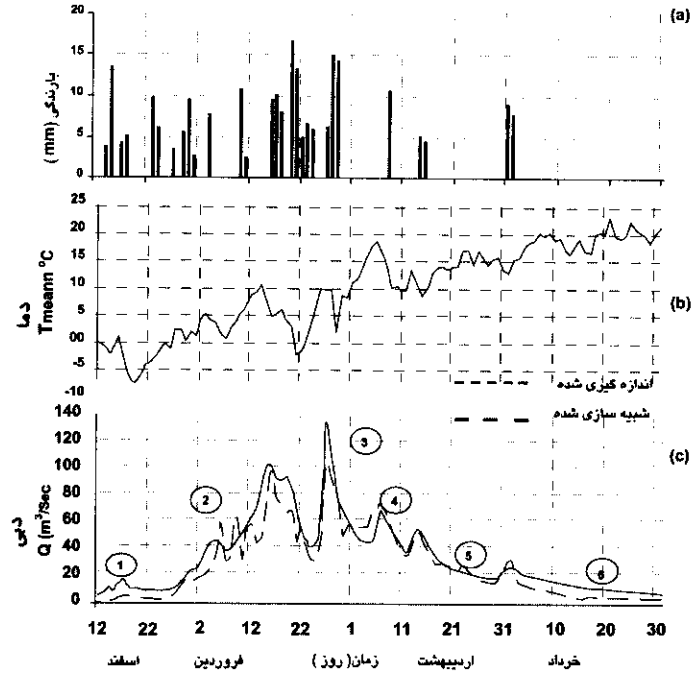
پس از محاسبه پارامترهای ورودی به مدل و تجزیه و تحلیل آنها مقادیر پارامترها به مدل وارد شدند. شبیه‌سازی جریان انجام شد و ضرائب مدل تعیین گردید. سه پارامتر مساحت، ارتفاع هیپسومتریک و متغیرهای ضریب فروکش ثابت بوده و بقیه پارامترها در طول فصل ذوب برف متغیر می‌باشند. برای ارزیابی شبیه‌سازی، نمودار جریان شبیه‌سازی شده و مشاهده شده نسبت به زمان رسم گردیده است. میزان انطباق این دو منحنی نمایانگر دقت شبیه‌سازی می‌باشد در برخی مقاطع زمانی هیدروگراف‌ها مقداری انحراف دارند که علت آن ممکن است خطای محاسباتی در تعیین ضریب فروکش و ضریب جریان و نیز خطای انتقال دما و بارش و عوامل ناشناخته باشند. در این مطالعه پس از اعمال ورودی‌ها به مدل و حذف عوامل خطا تا حد امکان جریان مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده نسبت به زمان در شکل ۵ (c) رسم گردید. دو هیدروگراف از تطابق نسبتاً خوبی برخوردار هستند و ضریب رگرسیون R^2 برابر ۰/۸۵ و انحراف حجمی برابر ۳/۷۹- درصد می‌باشد. دلیل اصلی انحرافات ناچیزی که در منحنی‌ها مشاهده می‌شود مربوط به انتقال دما و بارش و محاسبه خط برف است که ناشی از کمبود ایستگاه حرارت سنجی در ارتفاعات و تراکم ناکافی شبکه باران سنجی و برف سنجی نامنظم در حوضه می‌باشد. البته مقداری از دبی نیز توسط کشاورزان به طریقه سنتی برداشت می‌گردد و چشمه‌های دائمی در حوضه نیز وجود دارد.

برای تحلیل هیدروگراف جریان به قسمت‌های مختلف تقسیم‌بندی شده و شماره‌گذاری گردیده است. برای توجیه این انحرافات هیدروگراف جریان شبیه‌سازی شده و مشاهده شده به همراه تغییرات دما و بارش در متوسط ارتفاع هیپسومتریک حوضه در شکل ۵ رسم گردیده است. با توجه به شکل ۵ در قسمت شماره ۱ نظر به اینکه دما (شکل ۵-ب) کمتر از صفر درجه می‌باشد بارش به صورت برف بوده و ذوب برف نیز اتفاق نمی‌افتد، بنابراین دبی شبیه‌سازی شده توسط مدل بسیار کمتر است که آن نیز مربوط به ارتفاعات پائین می‌باشد. بنابراین دلیل بیشتر بودن دبی اندازه‌گیری شده، جریان آب زیرزمینی و چشمه‌ها می‌باشد که از یکدیگر مجزا نشده‌اند. در قسمت ۲ دبی شبیه‌سازی شده بر دبی اندازه‌گیری شده تقریباً منطبق بوده و علت این که دبی شبیه‌سازی شده نوسانات کمتری دارد مر بوط به خاصیت خود مدل می‌باشد که با توجه به عامل ضریب فروکش نوسانات جریان را متعادل می کند. در قسمت ۳ با توجه به اینکه بارش (شکل ۵-الف) نسبت به قسمت ۲ بیشتر بوده دبی شبیه‌سازی شده نسبت به قسمت ۲ بیشتر است ولی در عین حال دبی شبیه‌سازی شده از دبی اندازه‌گیری شده کمتر می‌باشد که این رفتار ناشی از خطا در انتقال بارش به متوسط ارتفاع نواحی مختلف می‌باشد. این خطا به علت توزیع غیر یکنواخت یک بارش است (براس[1]، ۱۹۹۰) و این مطالب قبلی را تأیید می‌کند که منظور کردن بارش نقطه‌ای برای یک حوضه یا ناحیه دقت را کاهش می‌دهد. در قسمت ٤ با توجه به اینکه از اول اردیبهشت تا پنجم اردیبهشت دما (شکل ۵-ب) به حالت صعودی افزایش می‌یابد ولی دبی افزایش چشم‌گیری نداشته، و علت آن عامل ضریب فروکش می‌باشدکه دبی هرروز وابستگی زیادی به دبی روز قبل در مواقع غیر بارش زیاد دارد. باید توجه کرد که در این قسمت شبیه‌سازی هیدروگراف بارش تقریباً درست می‌باشد و انحراف موجود مربوط به پایه هیدروگراف بارش است که ناشی از ذوب برف و جریان پایه می‌باشد. در قسمت ۵ شبیه سازی مطلوب می‌باشد. در قسمت ٦ دبی شبیه‌سازی شده بیشتر از اندازه‌گیری شده می‌باشد و علت آن افزایش دما (شکل ۵ -ب) کاهش سطح پوشش برف در ارتفاعات بالا در خرداد ماه می‌باشد. از طرف دیگر با افزایش تبخیر و طولانی شدن مسیر جریان و برداشت آب به صورت سنتی توسط روستاهای واقع در مسیر جریان موجب می‌شود دبی اندازه‌گیری شده در ورودی سد کمتر از رواناب حاصل از ذوب برف باشد.

1 - Bras

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- نمودار تغییرات دبی، دما و بارش در طی فصل ذوب سال آبی (۷۶-۱۳۷۵).

سپاسگزاری

این پژوهش مستخرج از طرح برآورد رواناب حاصل از ذوب برف در حوضه‌های طبیعی به شماره ۷۱۱/۲/۵۱۲ می‌باشد که با حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه تهران انجام شده است. بدینوسیله از حوضه معاونت پژوهشی دانشگاه و دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران که اعتبار لازم جهت اجرای این طرح را تأمین نموده‌اند تشکر می‌گردد. همچنین از مسئولین محترم سازمان آب آذر بایجان غربی که در تهیه داده‌ها ما را یاری نمودند تشکر به عمل می‌آید.

منابع

۱. پرهمت، ج. ۱۳۷۲. بررسی عوامل بیلان هیدرولوژیکی در حوضه‌های کارستی مرتفع، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز، ۱۴۳ صفحه.

۲. تماب. ۱۳۷۵. بولتن وضعیت منابع آب کشور، سال هشتم، شماره ۱۲، ۸۹ صفحه.

۳. فتاحی. ا. ۱۳۷۷. مدل تحلیلی کمی ذوب برف (مطالعه موردی سد لتیان). پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت معلم. ۲۲۷ صفحه.

٤. موحد دانش ، ع. ا. ١٣٧٦. مقدمه‌ای بر هیدرولوژی. انتشارات عمیدی. جلد دوم. ٤٢٠ صفحه.

5.Martinec, J. 1975. Snowmelt-Runoff model for stream flow forecasts. J. of Nordic Hydrol. Vol. 6, No. 3, pp.145-154

6.Martinec, J., and A.. Rango, 1998. Snowmelt Runoff Model (SRM).User's Manual, NASA Reference Pub. 1100, Washington, pp. 235

7.Bras, Rafael L. 1990. Hydrology, an introduction to hydrologic science, Addison-Wesley Pub. Massachussets, pp. 643

8.McCuen, Richard H. 1998. Hydrologic analysis and design. Printice-Hall Pub., Inc. N.J., pp. 548

www.SID.ir

Archive of SID

J. Agric. Sci. Natur. Resour., Vol. 11(3), Automn 2004
www.magiran.com/jasnr

Estimation of runoff in a snow cover mountainous basin by using SRM model (A case study of mahabad Basin)

[1]M. R. Najafi, [2]J. Sheikhivand and [3]G.Porhemmet
[1]Dept. of Irrigation and reclamation Eng. University of Tehran, [2]Former Graduate Student, University of Tehran, [3]Jahad Agricultural Research Center, Tehran, Iran.

Abstract

In this research, Snowmelt Runoff Model (SRM), which is based on degree-day method, was used to study the runoff generation in Mahabad basin. In order to incorporate the distributed aspects of snowmelt process, the Mahabad basin was divided into four elevation zones. The inflow to Mahabad dam is measured at two gauging stations located upstream of the dam. In this region there is one temperature measuring station located in Mahabad City. Seven raingauge stations exist in the basin. Extrapolation method was used to find the temperature in the other zones of the basin. To obtain precipitation for the other zones, extrapolation and interpolation techniques were used. In order to calculate the flow due to snowmelt and rainfall, fourteen parameters were calculated for each of the elevation zones. These parameters were later used as the input to the model. Area and hypsometric elevation of basin and elevation zones are the basin characteristics, and temperature, precipitation, snow cover area and measured flow discharges are the input variables, and runoff coefficient, degree–day factor, temperature, laps rate, critical temperature, rainfall contributing areas, recession coefficient and lag time are the input parameters to the model. Defining the values of these parameters, the model simulation was carried out. The computed and measured hydrographs were plotted. Comparison of the hydrographs was made through visual inspection, the coefficient of determination R^2, and principle of continuity. The R^2 value and the percent of volume error worked out to be 0.85 and –3.79% respectively. Results show that the accuracy of the model is acceptable.

Keywords: Snow, Runoff, Temperature, Degree - day factor, Precipitation, SRM

www.SID.ir